

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-074415

(43)Date of publication of application : 23.03.2001

(51)Int.Cl.

G01B 11/00

G01P 5/20

G06T 9/20

(21)Application number : 11-251489

(71)Applicant : JAPAN NUCLEAR CYCLE
DEVELOPMENT INST STATES OF
PROJECTS

(22)Date of filing : 06.09.1999

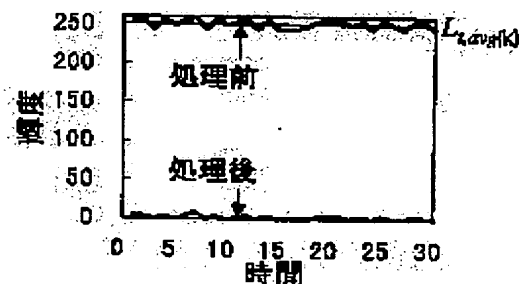
(72)Inventor : KIMURA NOBUYUKI
NISHIMURA MOTOHIKO
MIYAKE YASUHIRO

(54) METHOD FOR MEASURING MOBILE BODY USING IMAGE CORRELATION

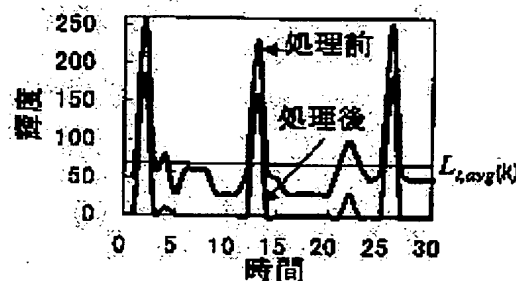
(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate stationary subject image as noise from a recorded image to enhance measuring precision.

SOLUTION: In a method for measuring movement amount or a mobile speed by the use of mutual correlation of continuous images photographing a mobile body, a time mean brightness value of each image or a minimum brightness value in a time-based pickup image group is subtracted from an original image, so that a stationary body image is eliminated as noise, and mutual correlation of images, in which a mobile body image is selectively left behind, is taken.



(a)



(b)

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3325002

[Date of registration] 05.07.2002

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-74415
(P2001-74415A)

(43) 公開日 平成13年3月23日 (2001.3.23)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 1 B 11/00		G 0 1 B 11/00	H 2 F 0 6 5
G 0 1 P 5/20		G 0 1 P 5/20	F 5 L 0 9 6
G 0 6 T 9/20		G 0 6 F 15/70	3 3 5 A 9 A 0 0 1

審査請求 有 請求項の数4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平11-251489	(71) 出願人	000224754 核燃料サイクル開発機構 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
(22) 出願日	平成11年9月6日 (1999.9.6)	(72) 発明者	木村 暢之 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 核燃料 サイクル開発機構大洗工学センター内
		(72) 発明者	西村 元彦 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 核燃料 サイクル開発機構大洗工学センター内
		(74) 代理人	100092495 弁理士 蛭川 昌信 (外7名)

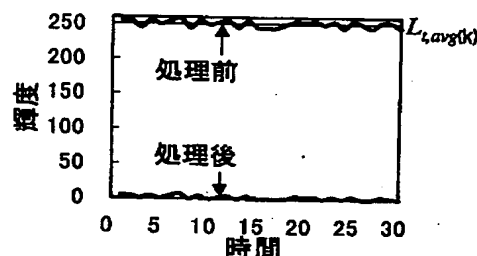
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像相関を用いた移動物体測定方法

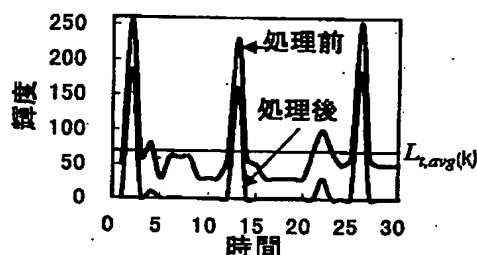
(57) 【要約】

【課題】 静止被写体画像を収録画像からノイズとして除去して測定精度を向上させる。

【解決手段】 移動物体を撮影した連続画像の相互相関を用いて移動量或いは移動速度を測定する方法において、各画素の時間平均輝度値或いは時系列撮影画像群における最小輝度値を原画像から減算して静止物体画像をノイズとして除去し、移動物体像を選択的に残した画像の相互相関をとるようにしたものである。



(a) ノイズがある領域



(b) ノイズがない領域

【特許請求の範囲】

【請求項1】 移動物体を撮影した連続画像の相互相関を用いて移動量或いは移動速度を測定する方法において、各画素の時間平均輝度値を原画像から減算して静止物体画像をノイズとして除去し、移動物体像を選択的に残した画像の相互相関をとることを特徴とする画像相関を用いた移動物体測定方法。

【請求項2】 移動物体を撮影した連続画像の相互相関を用いて移動量或いは移動速度を測定する方法において、各画素の時系列撮影画像群における最小輝度値を原画像から減算して静止物体画像をノイズとして除去し、移動物体像を選択的に残した画像の相互相関をとることを特徴とする画像相関を用いた移動物体測定方法。

【請求項3】 原画像の輝度を反転させた後、ノイズ除去を行うことを特徴とする請求項1または2記載の画像相関を用いた移動物体測定方法。

【請求項4】 任意の画素の輝度値が負になったとき、その値を0に設定することを特徴とする請求項1または3記載の画像相関を用いた移動物体測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は移動物体を撮影した画像の相互相関を用いて移動量或いは移動速度を測定する方法に係り、特に原画像の静止物体（像）をノイズとして除去して測定精度の向上を図る技術に関し、流れの可視化、画像処理流速測定法における粒子追跡流速測定法、濃度相関流速測定法等に適用できる画像相関を用いた移動物体測定方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】相互相関を用いた可視化画像による流速測定法は、流体にトレーサ粒子あるいは染料（以下、粒子等と言う）を混入し、流れを可視化した上で、写真フィルム等で連続撮影し、これら画像間のパターン認識により粒子等の移動距離を求め、撮影時間間隔から流速を求める手法である。この場合のパターン認識において、粒子等の有無による画像の濃淡（輝度値）分布の相互相関を取り、相関値の高い位置同士が対応する粒子等であると判断して移動距離を求めている。従って、粒子等の移動を対応付けるためには、流れと共に移動する粒子等可視化媒体のみを撮影した画像が理想的である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】このような可視化画像による流速測定における実際の画像には、流体中に存在

する構造物や撮影窓に付着したゴミ、あるいは光源が構造物に反射するハレーション等（以下、ノイズと言う）がトレーサ粒子と一緒に撮影されている。これらのノイズは相互相関処理においては、ノイズ同士の対応付けが発生させ、流速計測へ大きな阻害因子となる。

【0004】本発明は上記課題を解決するためのもので、画像の空間相関手法を用いた移動物体測定において、静止被写体画像を収録画像からノイズとして除去して測定精度を向上させ、ノイズの重畳しやすい場所における可視化画像の相互相関を用いた測定を可能にすることを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、移動物体を撮影した連続画像の相互相関を用いて移動量或いは移動速度を測定する方法において、各画素の時間平均輝度値を原画像から減算して静止物体画像をノイズとして除去し、移動物体像を選択的に残した画像の相互相関をとることを特徴とする。また、本発明は、移動物体を撮影した連続画像の相互相関を用いて移動量或いは移動速度を測定する方法において、各画素の時系列撮影画像群における最小輝度値を原画像から減算して静止物体画像をノイズとして除去し、移動物体像を選択的に残した画像の相互相関をとることを特徴とする。また、本発明は、原画像の輝度を反転させた後、ノイズ除去を行うことを特徴とする。また、本発明は、任意の画素の輝度値が負になったとき、その値を0に設定することを特徴とする。

【0006】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。

【0007】まず、相互相関を用いた移動測定の原理について図1により説明する。例えば、流体中にトレーサ粒子が存在している状態を撮影した画像1の1枚目の領域Aと2枚目の領域Bの輝度値の空間平均をそれぞれ $L_{A_{avg}}$ 、 $L_{B_{avg}}$ 、各領域の画素数をNとすると、

$$L_{A_{avg}} = \sum_{k=1}^N LA(k) / N$$

$$L_{B_{avg}} = \sum_{k=1}^N LB(k) / N$$

と表され、輝度変動の空間平均値を LA_{rms} 、 LB_{rms} とすると、

$$LA_{rms} = \{ \sum_{k=1}^N (LA(k) - LA_{avg})^2 \}^{1/2} / N$$

$$LB_{rms} = \{ \sum_{k=1}^N (LB(k) - LB_{avg})^2 \}^{1/2} / N$$

と表される。このとき領域Aと領域Bの画像の相互相関

計数Rは、

$$R = \frac{\sum_{k=1}^N (L_A(k) - L_{A,avg}) (L_B(k) - L_{B,avg})}{N}$$

と計算され、Rが最大となる位置において領域Aの画像と領域Bの画像とが一致し、領域Aの流体が領域Bに移動したことが分かり、この移動距離と時間差とから移動速度を求めることができる。しかし、実際の画像には、流体中に存在する構造物や撮影窓に付着したゴミがトレーサ粒子と一緒に撮影され、これらも上記の計算における輝度値に反映してノイズとなる。

【0008】そこで、本願発明では時間的に連続する複数枚の画像の各画素の輝度値の時間変動に着目して、撮影画像中のノイズと可視化媒体を分離するものである。図2は本願発明の測定法の原理を説明する図である。ここでは、可視化媒体を微小粒子（トレーサ粒子）とする。図には連続して撮影した画像中のフレーム1、フレーム10、フレーム20（フレーム数は時間経過に対応）を示しており、ノイズ2は各フレームにおいて常に一定位置に存在し、トレーサ粒子3は時間と共に移動している。図においてS1（フレーム1の実線枠内パターンとフレーム10の破線枠内パターンとの対比）では、パターン認識において枠内パターン（輝度分布）が異なるため相互相関値が低く、移動先とは判定しない。S2（フレーム1、フレーム10、フレーム20の実線枠内パターンの対比）では、パターン認識において枠内パターンが同じであるため相互相関値が高く、移動先と判定可能である。S3（フレーム10とフレーム20の破線枠内パターンの対比）では、移動粒子の2個とノイズの3個が偶然フレーム10、フレーム20で同じパターンを形成しているため、相互相関値は高くなり、移動先と

誤って判定する可能性がある。

【0009】次に、このような固定ノイズ除去方法について説明する。図3は図2のP1とP2位置の画素の輝度の時間変動を示したものである。ノイズがない画素（P2の位置）においては、トレーサ粒子が存在していない時刻（フレーム10、フレーム20以外のフレーム）では、画素の輝度値は背景の輝度値と同じで小さく、その画素にトレーサ粒子が存在している時刻（フレーム10、フレーム20）では、画素の輝度値はトレーサ粒子の反射により、背景の輝度値と比べて大きくなる（暗い点は輝度値が小さく、明るい点は輝度値が大きい）。一方、ノイズが撮影されている画素（P1の位置）の場合、輝度値の時間変動はほとんどない。この特徴を利用し、各々の画素に対して輝度の時間平均値あるいは時間変動している輝度の最小値を求め、それらの値を各画像の各画素の輝度値から減算することでノイズを除去することができる。

【0010】まず、時間平均輝度減算法の原理を説明する。時間平均輝度減算法は、時間的に連続する画素の各ピクセルの輝度を時間平均し、各時刻の輝度から時間平均輝度を減算することにより、ノイズを除去するものである。時間的に連続する画素の各ピクセルの輝度値を $L_t(k)$ 、時間的に連続する画素の枚数を N_t とすると、各ピクセルの時間平均輝度 $L_{t,avg}(k)$ は次式で求められる。

【0011】

$$L_{t,avg}(k) = \frac{1}{N_t} \sum_{i=1}^{N_t} L_{ti}(k) \quad \dots\dots (1)$$

ノイズの存在するピクセルは、照明強度一定の条件下において、輝度値の時間変動はないので、(1)式は次の

ようになる。

【0012】

$$L_{t,avg}(k) = \frac{1}{N_t} \sum_{i=1}^{N_t} L_{ti}(k) = \frac{1}{N_t} L_b(k) \times N_t = L_b(k) \quad \dots\dots (2)$$

ここで、 $L_n(k)$ はノイズの輝度である。

【0013】一方、ノイズがないピクセルにはトレーサ粒子がある時刻とない時刻がある。そこで、トレーサ粒

$$L_{t,avg}(k) = [L_p(k) \times N_p + L_b(k) \times N_b] / N_t \quad \dots\dots (3)$$

ここで、 N_p はピクセルにトレーサ粒子の存在する画像の枚数、 N_b はトレーサ粒子の存在しない画像の枚数であり、 $N_t = N_p + N_b$ が成り立つ。そして、時系列画

$$N_b \approx N_t, N_p \approx 0 \quad \dots\dots (4)$$

これにより、(3)式は以下のようなになる。

$$L_{t,avg}(k) = L_b(k) \times N_t / N_t = L_b(k) \quad \dots\dots (5)$$

子の存在する時刻の輝度値を $L_p(k)$ 、存在しない時刻の輝度値（背景輝度値）を $L_b(k)$ とすると、(1)式は以下のようなになる。

像の枚数が多く（ N_t が大）、各ピクセルにトレーサ粒子がある時刻の頻度が少ない場合（ $N_p \ll N_t$ ）、以下の近似が成り立つと仮定する。

また、ノイズとトレーサ粒子が重なっている箇所では、

$$L_{t,avg}(k) = L_n(k)$$

が成り立つ。すなわち、時間平均輝度 $L_{t,avg}(k)$ は、ノイズの輝度あるいは背景輝度となり、各時刻の画像から $L_{t,avg}(k)$ を減算することにより、ノイズを除去することができる。

【0014】図4は時間平均輝度減算法によるノイズ除去結果の一例を示す図であり、横軸はフレーム数（時間軸と等価）、縦軸は輝度値（ここで用いたシステムでは8ビットのデータであり、0～255の値をもつ）を示し、図4（a）はノイズがある領域の場合、図4（b）はノイズがない領域の場合を示している。上記したように、ノイズピクセルの輝度値は時間平均輝度を減算することにより0近傍の値となり、図4（a）において、 $L_{t,avg}(k)$ を減算した処理後のデータはノイズが除去されていることが示されている。一方、図4（b）におい

$$L_{min}(k) = \text{MIN}[L_t(k), t=1 \sim N_t] \quad \dots\dots (7)$$

ノイズピクセルは、時系列画像において一定の輝度値、あるいはトレーサ粒子が重なった場合に輝度値が大きく

$$L_{min}(k) \approx L_n(k)$$

一方、トレーサ粒子が撮影されているピクセルでの最小

$$L_{min}(k) = L_b(k)$$

求めた最小輝度値を時系列画像の輝度値から減算することにより、ノイズを除去した画像を作成することができる。

【0016】図5は最小輝度減算法によるノイズ除去結果の一例を示す図であり、図4の場合と同様、横軸はフレーム数、縦軸は輝度値を示し、図5（a）はノイズがある領域の場合、図5（b）はノイズがない領域の場合を示している。図5（a）において、ノイズピクセルの場合に時系列画像から各ピクセルの最小輝度値を減算すると、輝度値は0近傍の値となり、ノイズが除去されていることが示されている。一方、図5（b）において、トレーサ粒子が通過するピクセルの場合、ノイズ除去により背景輝度が0程度に低下する。そのため、全体の輝度値は背景輝度分低下するが、最小輝度を減算することにより、失われた情報はなく、トレーサ粒子通過前後の微小な輝度変化も再現できていることが分かる。

【0017】図6は本発明のノイズ処理を施した場合の例を説明する図で、図6（a）は原画像、図6（b）は点状ノイズ、図6（c）はノイズ付加画像、図6（d）はノイズ除去画像（ここでは最小輝度減算法（MIS法）によるノイズ除去画像）を示し、図7は図6の原画像、ノイズ付加画像、ノイズ除去画像に対して相関画像処理を施して得られた流速ベクトルを示し、図7

（a）、図7（b）、図7（c）はそれぞれ図6

（a）、図6（c）、図6（d）に対応している。な

お、ここでは原画像に対して疑似ノイズを付加することにより、ノイズ付加画像を作成した。図6（a）の原画像に対して相関画像処理を施すと、図7（a）の流速ベ

$L_b(k) = L_n(k)$ となるので、（5）式より

$$\dots\dots (6)$$

て、トレーサ粒子が撮影されているピクセルの輝度値は、時間平均輝度 $L_{t,avg}(k)$ を減算したとき輝度は低下するが、トレーサ粒子の通過によるピークは再現されていることが分かる。なお、図では減算した結果の輝度が0未満である場合、輝度値を0に置き換えている。そのため、トレーサ粒子周りの微小な輝度分布や輝度値の小さいトレーサ粒子はノイズと共に除去される。

【0015】次に最小輝度減算法の原理について説明する。時間平均輝度減算法では再現できなかったトレーサ粒子周りの微小な輝度分布や輝度値の小さいトレーサ粒子を再現するために、時系列画像から各ピクセルの時系列における最小輝度を減算するノイズ処理法を開発したものである。時系列画像の各ピクセル毎の最小輝度値 $L_{min}(k)$ は以下の式で求められる。

なる。従って、

$$\dots\dots (8)$$

輝度は、背景輝度と同じになる。

$$\dots\dots (9)$$

クトルが得られる。これに対してノイズを付加した画像（図6（c））に対して画像相関処理を施し、流速ベクトルを求めると図7（b）のようになり、本来の流速ベクトル（図7（a））と異なるベクトル（過誤ベクトル）が多数生じていることが分かる。そこで、ノイズ付加画像に対して本発明のノイズ除去法を適用した図6

（d）の画像に対して画像相関処理を施すと、図7（c）の流速ベクトルが求められる。図7（c）では、図7（b）で存在した過誤ベクトルがほとんど存在しておらず、原画像により求めた流速ベクトル（図7（a））とほぼ同じになっていることが分かる。

【0018】図8は図7における一部の流速を比較した結果を示す図で、図8（a）は水平方向流速、図8（b）は鉛直方向流速についてのもので、実線は原画像、△はノイズ付加画像、■は最小輝度減算法、□は時間平均輝度減算法におけるものである。図8から水平方向流速、垂直方向流速とも原画像とノイズ除去処理の結果はほぼ一致しており、本発明によるノイズ除去方法の効果が立証されている。また、不確かさ解析の結果、ノイズ除去による流速測定精度の向上率は3～12倍であった。

【0019】図9は本発明のノイズ処理の一例を示す図で、図9（a）はノイズ処理前の流速ベクトル、図9（b）は時間平均輝度減算法を適用したときの流速ベクトル、図9（c）は最小輝度減算法を適用したときの流速ベクトルを示している。目視によりこの画像上では、右下から左上に流体が流れている。図9（a）のノイズ処理前では、構造物によるハレーションA、可視化窓に

よるハレーションB、可視化窓上のゴミCなどの影響で、流速がばらついており、正しい流速が得られていないことが分かる。一方、ノイズ処理を施した図9

(b)、図9(c)では、ほぼ目視による流速を再現していることが分かる。また、上部中央にある構造物の周りの流速も再現されている。したがって、本発明を適用することにより、構造物近傍の流速を求めることができる。

【0020】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、画像の空間相関手法を用いた移動物体測定において、収録画像から構造物やゴミを取り除くことにより測定精度を向上させ、ノイズの重畳しやすい場所、例えば構造物近傍の流速等を可視化画像の相互相関を用いて測定することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 2枚の画像の相互相関による移動測定の原理を説明する図である。

【図2】 本願発明の測定法の原理説明図である。

【図3】 図2のP1とP2位置の画素の輝度の時間変動を示した図である。

【図4】 時間平均輝度減算法によるノイズ除去結果の一例を示す図である。

【図5】 最小輝度減算法によるノイズ除去結果の一例を示す図である。

【図6】 本発明のノイズ処理を施した場合の例を説明する図である。

【図7】 原画像、ノイズ付加画像、ノイズ除去画像に対して相関画像処理を施して得られた流速ベクトルを示す図である。

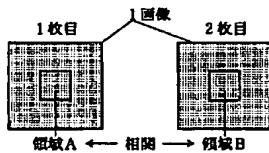
【図8】 図7における流速を比較した結果を示す図である。

【図9】 本発明のノイズ処理の一例を示す図である。

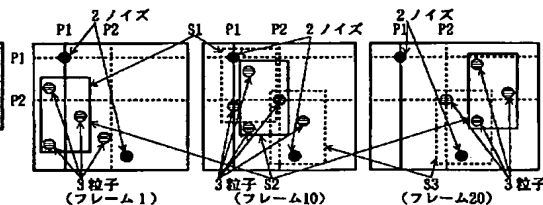
【符号の説明】

1…画像、2…ノイズ、3…粒子。

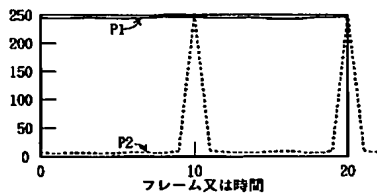
【図1】



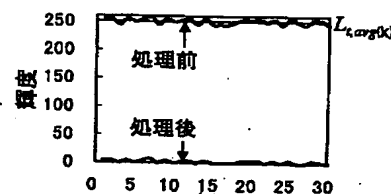
【図2】



【図3】



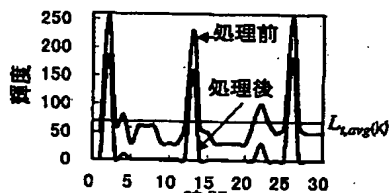
【図4】



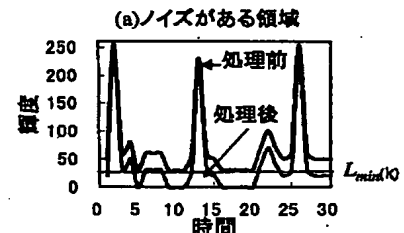
【図5】



(a)ノイズがある領域

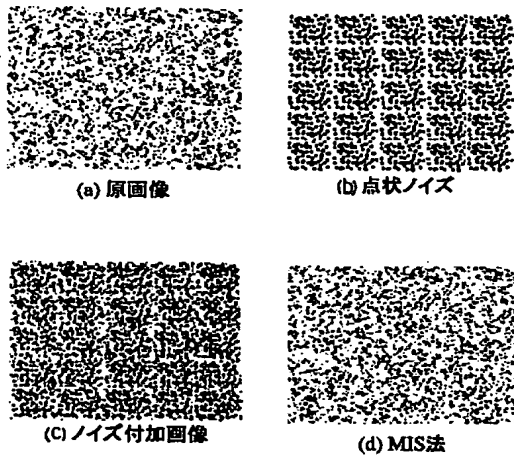


(b)ノイズがない領域

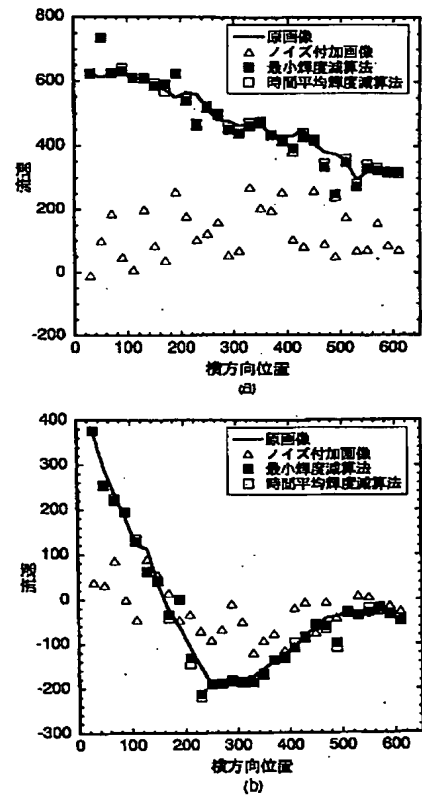


(b)ノイズがない領域

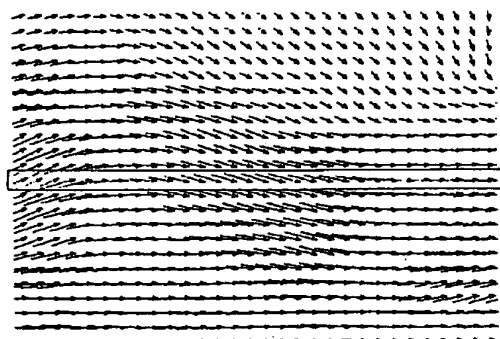
【図6】



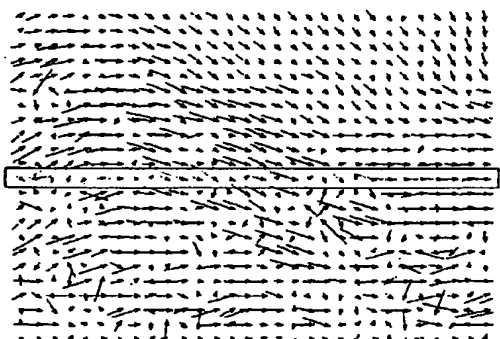
【図8】



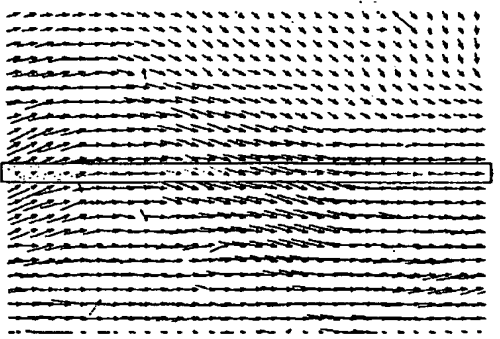
【図 7】



(a)

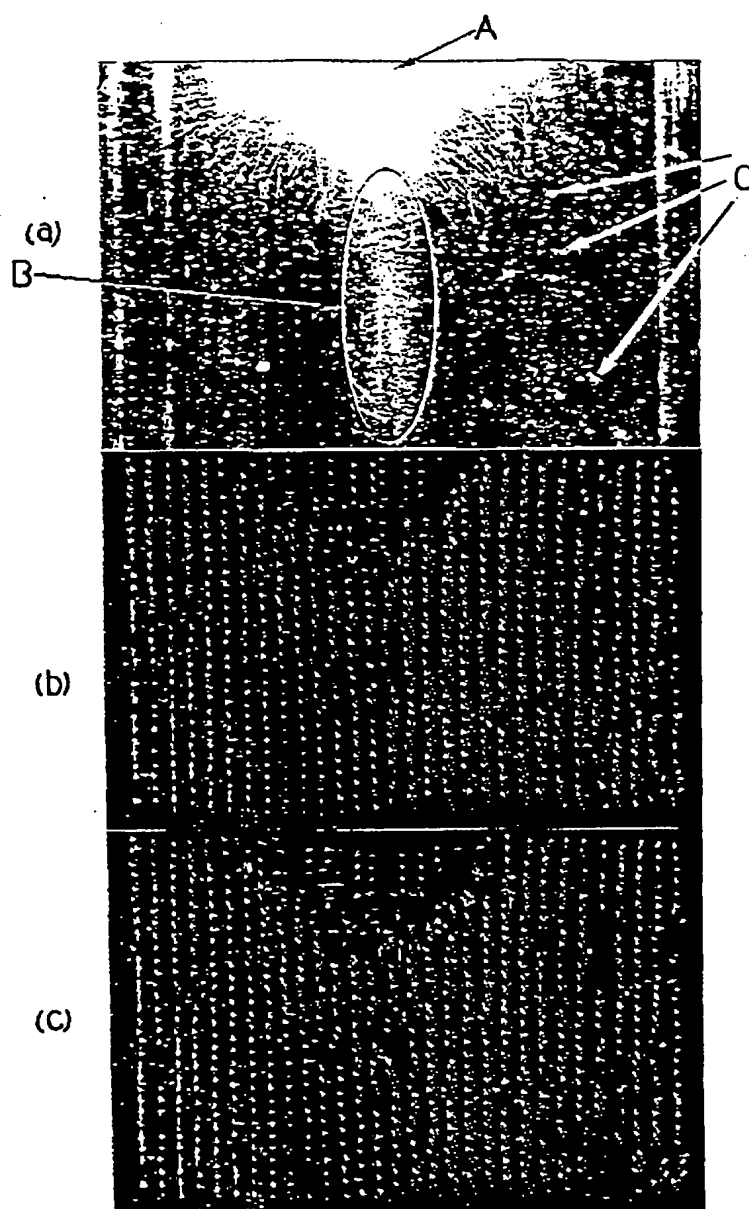


(b)



(c)

【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 三宅康洋
茨城県土浦市港町1丁目7番23号 株式会
社エヌデーデー解析制御システム事業部内

F ターム(参考) 2F065 AA03 AA09 BB15 DD04 FF04
QQ14 QQ24 QQ25 QQ34 RR07
SS13 UU05
5L096 CA04 EA05 FA34 HA04
9A001 BB02 BB03 BB04 EE02 HH24
HH28 HH30 JJ73 KK37